

2009 年度 修士論文要旨

安定ファセット面で囲まれた GaAs(100)パターン基板上での

MBE-InAs 選択成長機構の解明

関西学院大学大学院理工学研究科

物理学専攻 金子研究室 橘 真人

ヘテロ界面InAs/GaAsをもつ三次元微細構造は、量子細線や量子ドットなどのナノ構造デバイスへの応用が期待されている。デバイス化には結晶品質の高品位化と原子レベルで制御された表面・界面の制御が欠かせないが、これらの要求を満たす直接的制御法として、エピタキシャル結晶成長法を用いて、InAs三次元構造をGaAs基板上の所望の位置のみに直接作製しようとする選択成長法がある。InAsとGaAsには格子不整が約7%存在することから、選択成長には三次元形状制御に関わる機能と、ヘテロ界面での格子歪みに起因する結晶欠陥・転位の伝播を抑止する機能が求められる。従来から、InAsヘテロ成長領域の高品位化を目的に多くの選択成長法が提案され、欠陥の低減に有効であることが実際に検証されてきた。これらの成長法における基本概念とは、まずGaAs基板全面に酸化膜マスクを形成し、次にリソグラフィー等の手法を用いて下地の基板表面が局所的に露出した開口部を設け、最後にエピタキシャル成長法をこのマスクパターン上に施すことにより開口部のみに選択成長が誘起され、垂直方向への三次元構造の発展とともに界面近傍で格子歪が水平方向に解放されるというものである。また一旦、垂直方向へ発展した成長領域を横方向へ伸長させることにより、下地基板からの歪みが幾何学的に遮断された無欠陥領域が得られるのも特徴である（横方向成長）。しかし、開口部の大きさは、成長時の三次元構造のサイズ及び形状に影響を及ぼし、またそれらは欠陥低減機構と強い相関をもつなど[1]、詳細な因果関係を複雑な成長条件の中から明らかにするのは困難であった。

そこで本研究では、選択成長用マスク材料として、従来から一般に用いられてきた厚さ20nm程度のSiO₂ではなく、選択成長をより顕著に促進可能な厚さ3nmの熱的に安定なGaAs酸化膜を、また微細なパターン形成には自由に設計可能な電子線直接描画法を用いたGaAs自然酸化膜の直接改質により、マスク形状の揺らぎの低減化と下地基板との間の接着性を向上させた条件下でInAs選択成長実験を行った。また、成長前処理として、開口部内の下地GaAs基板露出領域に対して超高真空下の熱的エッチング法を施すことにより、熱的に安定な原子レベルで平坦な低指数ファセット面で囲まれた“制御された”凹部を形成し、そこに初めてInAs成長を施したことも特徴である。本研究の目的は、InAs選択成長機構の解明であり、成長条件に依存した三次元微細構造の発展過程に注目した。結果の一例として、GaAsパターン基板上に成長したInAs三次元微細構造をFig.1に示す。図示された構造は{111}A,{311}A,{110}:90°,{110}:45°ファセット面で構成された例であるが、発展形状はInおよびAs fluxに大きく依存した。低In Flux条件では安定なファセット面で囲まれた三次元成長が、高In Flux条件では横方向成長が優位となった。低As Flux条件では横方向成長がより伸長し、表面が平坦になる傾向を示した。本論文では、これらのIn およびAs Flux変化と結晶成長様式の関係性について詳細な考察を行った。

[1] G. Suryanarayanan et al, Appl. Phys. Lett. 83, 10 (2003)

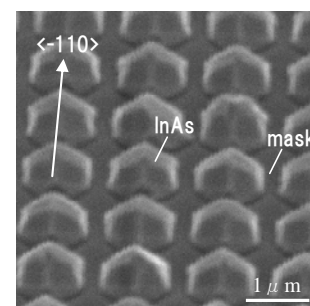


Fig.1 GaAs(100)基板上InAs三次元構造